



TITLE:

11. Pr^{3+} : LaF_3 におけるラマン
ヘテロダインNMR信号の異常現象
(京都大学理学部物理学第一教室, 修
士論文題目・アブストラクト
(1987年度)その2)

AUTHOR(S):

高橋, 義朗

CITATION:

高橋, 義朗. 11. Pr^{3+} : LaF_3 におけるラマンヘテロダインNMR信号の異常現象(京都大学理学部物理学第一教室, 修士論文題目・アブストラクト(1987年度)その2). 物性研究 1988, 50(6): 1046-1047

ISSUE DATE:

1988-09-20

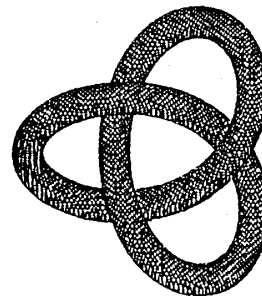
URL:

<http://hdl.handle.net/2433/93382>

RIGHT:

ための様々な量が考えられている。速度と渦度の内積を渦度面によって囲まれた領域で積分したヘリシティもその一つである。これは、エネルギー同様 Euler 方程式の運動の恒量として知られているが、Navier-Stokes 方程式の非粘性極限 ($\nu \rightarrow 0$) においてもまた、保存量になっているかどうかは、微妙な問題でまだ分かっていない。これは、ヘリシティ・カスケード理論の基礎にも関わる重要な問題である。ヘリシティは、渦糸の結び (knottedness) と循環の大きさで表されるので、渦管 (糸) の運動と密接に関係している。

この論文では、三輪 (trefoil) 型の渦管の運動を、Navier-Stokes 方程式の直接数値シミュレーションによって考察する。この型の渦管は、結びを持っており、渦管のつなぎ替えの機構とそれに伴うヘリシティの変化を調べることができる。



高い Reynolds 数の数値計算を行うには、粘性散逸に関与する高い波数領域を含んだ計算が必要である。このさい必要とする膨大な記憶容量と演算時間を可能な限り縮小するために、本研究では、Navier-Stokes 方程式がその時間発展で保存する対称性を課した。空間方向には Fourier 級数による擬スペクトル法を用い、aliasing 項を除去するために、2/3-則を採用した。時間積分には、Runge-Kutta-Gill 法を用い、モード数 512^3 に相当する計算を $\nu = 0.001, 0.002, 0.005$ について行った。

計算の結果 “Bridging” と呼ばれるつなぎ替えの新しい型が観測された。これは、今までに報告されている互いに反対向きの渦度が打ち消し合う (cancellation) つなぎ替えとは全く異なり、渦管の一部が引き出されて、相手の渦管との間に “Bridge” をつくり、徐々につなぎ替えが行われる。本計算及び、今までに観測されている渦運動については、いくつかの共通点があるので、その説明として簡単な考察を行う。また、ヘリシティの変化と、渦のつなぎ替えの機構との関連についても議論する。

11. $\text{Pr}^{3+} : \text{LaF}_3$ におけるラマンヘテロダイン NMR 信号の異常現象

高 橋 義 朗

ラマンヘテロダイン (RH) 検出法は、rf によってサブレベル間に誘起されたコヒーレンス

をコヒーレントラマン過程を通して光学的に、位相も含めて、検出する高感度高分解能分光法である(図1)。我々は LaF_3 中の Pr^{3+} (0.1mol%) の弱磁場 (~ 100 Oe) における hyperfine レベル間のコヒーレント過渡現象 (spin echo, nutation, など) を RH 検出した (2K)。 $\text{Pr}^{3+}:\text{LaF}_3$ は代表的な impurity ion-solid として、多くの研究がなされてきたが、我々は従来報告されていなかった幾つかの RH 信号の異常現象を発見した。

第一は RH 信号の符号、大きさが LaF_3 結晶中でのレーザー光の光路に著しく依存する、ということである。この原因として、光ポンピング効果、 Pr^{3+} イオンの不均一分布、偏光回転、磁場の不均一、等が考えられたが、種々の実験・考察を進めた結果、双晶となっている結晶中での二つの site からの RH 信号の干渉効果であることをつきとめた。 LaF_3 結晶構造は今まで論争的となってきたが、我々の実験は、この論争を終結させる決定的な実験事実を与えるものである。

第2は、時間反転対称性に関連した、信号の対称性についてである。例えば磁場を反転させた時、基底状態 $^3\text{H}_4$ での $I_z = \pm 5/2 \leftrightarrow \pm 3/2$ 遷移の信号は反転するが、 $\pm 3/2 \leftrightarrow \pm 1/2$ 遷移の信号は反転しない、などの現象が観測された。我々は理論的に一般的対称性の法則 $S(-\mathbf{H}_0) = -S(\mathbf{H}_0)^*$ を導いた。 $S(\pm \mathbf{H}_0)$ は、静磁場 $\pm \mathbf{H}_0$ 中での、コヒーレントラマン過程に関与する3準位間の3つの遷移行列要素の積であり、RH信号に比例する。実際に観測される対称性の解明には数値計算が必要である。

また、spin echo を RH 検出する際に、rf パルス間に光を照射することによって 90° 位相のずれた新しい信号が生成されるという現象も発見し、その特徴を詳しく調べた。

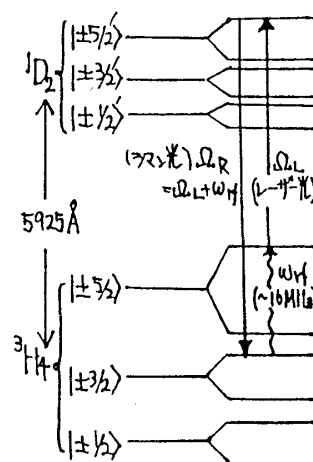


図 1

12. 一次元カルコゲン鎖の電子状態に およぼすハロゲン添加効果

丸 谷 幸 利

液体又はアモルファスセレンにハロゲンを添加すると、粘性の著しい減少や電気伝導度の増